

SCHÜTTGUTSPEICHER ZUR EFFIZIENZSTEIGERUNG VON DRUCKLUFTSPEICHERKRAFTWERKEN

Paul Michael Rundel¹, Rainer Scholz¹, Robert Daschner¹, Samir Binder¹,
Andreas Hornung^{1,2}

1. Hintergrund

Die Energiewende macht den Einsatz neuer Technologien unabdingbar, da Erneuerbare Energien nicht zu jeder Tages- und Nachtzeit zur Verfügung stehen. Zur Lösung dieser Problematik rückt der Einsatz von neuen Druckluftspeicherkraftwerken (CAES) immer mehr in den Fokus der Öffentlichkeit. Diese gleichen die fluktuierende Energie der Windkraft aus, indem Druckluft per Überschussstrom verdichtet und in Salzkavernen gespeichert wird. Zu Spitzenlastzeiten wird die Druckluft über Turbinen und Generatoren wieder in elektrische Energie umgewandelt und in das Stromnetz eingespeist. Die thermische Energie des Verdichtungsprozesses wird derzeit allerdings ungenutzt an die Umgebung abgeführt. Beim Entladen der Druckluftspeicher muss über die Zufuhr von thermischer Energie aus Verbrennungsprozessen die Druckluft auf den Eintrittszustand in die Turbine erwärmt werden. Die thermische Energie kann alternativ auf geeignete Speichermaterialien übertragen (AA-CAES) und bei Bedarf wieder in den Energieprozess zurückgeführt werden. Für die Speicherung der Verdichtungsenergie bieten sich Schüttgutmaterialien an, welche in Kooperation mit den Energieversorgern E.ON Storage GmbH, EnBW Energie Baden-Württemberg AG und EDF bei Fraunhofer UMSICHT in einer Versuchsanlage analysiert wurden.

2. Methodik

Für die Simulation eines Jahresbetriebes wurde ein Demonstrationsspeicher mit direkter Wärmeübertragung im Technikumsmaßstab ausgelegt, in dem Schüttgüter auf die Eignung als thermisches Speichermaterial getestet werden können. Die Auswahl der Schüttgüter erfolgt in Abhängigkeit der physikalischen Parameter unter Betriebsbedingungen, der Langzeitstabilität und der Materialkosten. Als Wärmequelle wird ein Erdgasbrenner mit einer Leistung von 100 kW verwendet, der Heizgastemperaturen bis ca. 700 °C erzeugen kann. Da der Druck keinen Einfluss auf die thermische Speicherfähigkeit der Schüttgüter ausübt, sondern nur auf die Durchströmungsbedingungen des Schüttgutes, konnte die Testanlage für den normalen Umgebungsdruck von etwa 1 bar ausgelegt werden.

Für einzustellende Betriebszustände der Anlage können der Volumenstrom der Heizphase, der Volumenstrom der Kühlphase, die Heizzeit oder die Endtemperatur der Heizphase im Gasraum am Kolonnenkopf und die Kühlzeit gewählt werden. Hiermit können definierte Heiz- und Kühlzyklen über einen vorgegebenen Zeitraum gefahren werden. Die Temperaturmessstellen wurden in unterschiedlichen Höhen verteilt über den Umfang der Schüttgutkolonne gewählt. Zusätzlich können die Temperaturmessstellen mit unterschiedlichen Wandabständen in dem Speicher, der aus drei Kolonnenschüssen besteht, integriert werden. Der Druckverlust über die gesamte Schüttungshöhe

¹ Paul Michael Rundel, Rainer Scholz, Robert Daschner, Samir Binder, Andreas Hornung, Fraunhofer UMSICHT, Institutsteil Sulzbach-Rosenberg, An der Maxhütte 1, D-92237 Sulzbach-Rosenberg, E-Mail: paul.michael.rundel@umsicht.fraunhofer.de, www.umsicht-suro.fraunhofer.de

² Andreas Hornung, European Bioenergy Research Institute - EBRI, School of Engineering & Applied Science, Aston University, Birmingham B4 7ET, England UK, www.ebri.org.uk

erfolgte als Differenzdruckmessung mit einer Druckmessdose. Die Integration der Anlage im Technikum von Fraunhofer UMSICHT und das Anlagenschema sind in Abbildung 1 dargestellt.

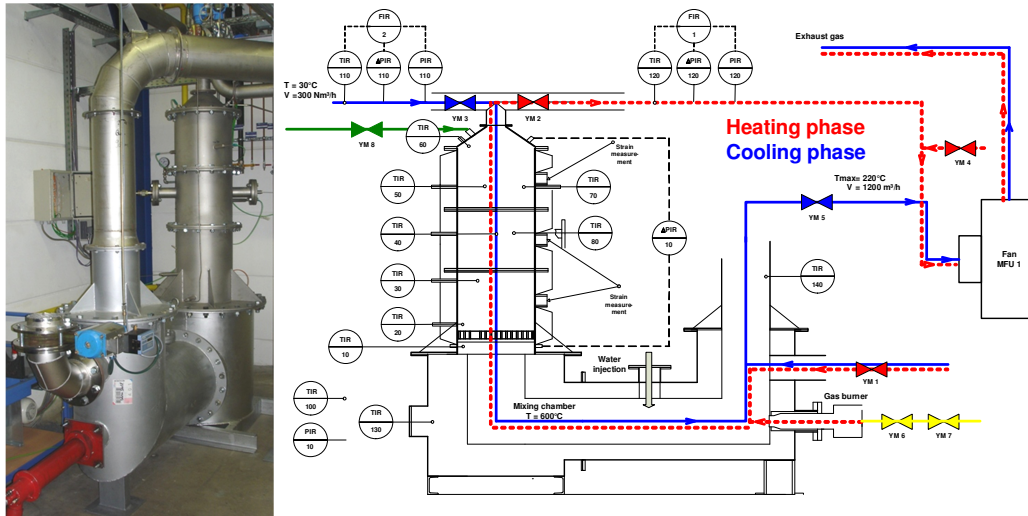


Abbildung 1: Technikumsanlage Schüttgutspeicher für AA-CAES bei Fraunhofer UMSICHT (Su-Ro)

3. Ergebnisse

Zur Überprüfung der Speicherung thermischer Energie für ein Druckluftspeicherkraftwerk werden Speichermaterialien in Schüttgutwärmeübertragern experimentell untersucht.

Die Speichermaterialien werden in einer Schüttgutkolonne bei einer Schütthöhe von 1,20 m axial vom Boden zum Kopf der Kolonne mit dem Abgas einer Erdgasflamme durchströmt. Wie im realen Betrieb ist die Temperatur des Gases 600 °C. Anschließend wurde die im Schüttgut gespeicherte thermische Energie im Gegenstrom auf Luft übertragen. Thermisches Laden und Entladen von jeweils 700 Zyklen entsprach einem Jahreszyklus des thermischen Speichers für ein Druckluftspeicherkraftwerk. Die Auswertung der Messdaten ergab, dass die Temperatur des Gases beim Entladevorgang des thermischen Speichers nur um 45 bis 50 K unter der Ladetemperatur liegt.

Die Wirkungen der mechanischen Wechselbelastung von Schüttgut und Kolonnenwand durch die wechselnde thermische Ausdehnung der Materialien wurde durch Druckmessungen und mit Dehnungsmessstreifen erfasst. Während der Testphasen konnte für die analysierten Schüttgüter kein Anstieg des Druckverlustes, was auf schwerwiegende Zerstörung der Schüttgüter hinweisen würde, festgestellt werden.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Druckluftspeicherkraftwerke stellen zukünftig eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Lösung für die Speicherung von Überschussstrom aus Windkraftanlagen dar. Um die Effizienz und den Wirkungsgrad der Kraftwerke zu steigern, sollte die Abwärme aus dem Verdichtungsprozess der Luft in Wärmespeichern zwischengespeichert und als Prozessenergie bei Strombedarf zur Verfügung gestellt werden. Für die Erforschung von Schüttgutmaterialien für die Hochtemperatur-Wärmespeicherung wurde in Zusammenarbeit mit E.ON Storage GmbH, EnBW Energie Baden-Württemberg AG und EDF bei Fraunhofer UMSICHT ein Demonstrator zur Simulation eines Jahresbetriebes errichtet. Die Langzeitstabilität und die Speicherfähigkeit der thermischen Energie konnte bei den analysierten Schüttgutmaterialien erfolgreich nachgewiesen werden, wobei sich nur eine geringfügige Differenz zwischen Be- und Entladetemperatur von ca. 50 K ergab.